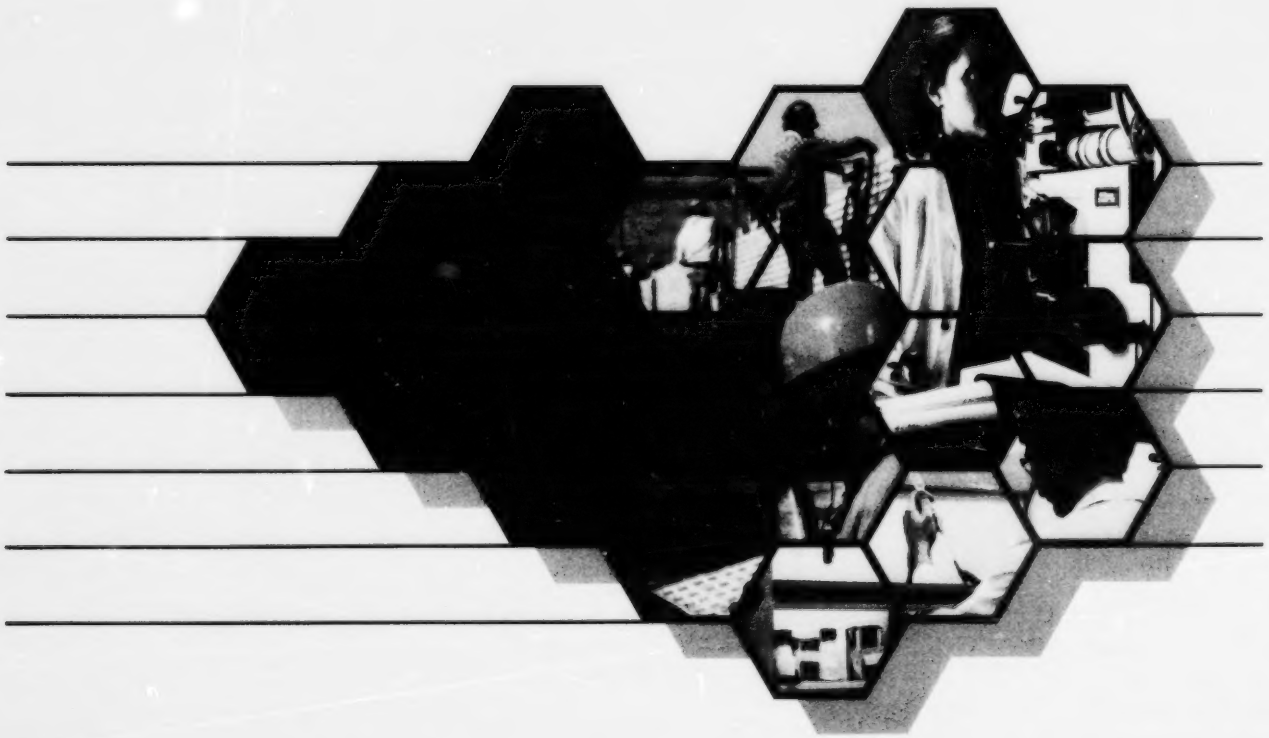
IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Qualité de l'air et ventilation dans trois édifices à bureaux

par Nicole Goyer et Van Hiep Nguyen
Direction des laboratoires
IRSST

Février 1988

Rapport de recherche



N. Goyer et V. H. Nguyen

Qualité de l'air et ventilation dans trois édifices à bureaux

Problème de santé:
Le «syndrome des édifices à bureaux hermétiques»

Groupe de travailleurs concerné:
Les occupants des édifices à bureaux hermétiques

Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec
505, boulevard de Maisonneuve Ouest,
Montréal (Québec) H3A 3C2
(514) 288-1551
Télex: 055-61348
IRSST MTL

Cette étude a été financée par l'IRSST.
Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Tous droits réservés IRSST
Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN: 2-550-18308-8
ISSN: 0820-8395

I R S S T

1.0 INTRODUCTION

La qualité de l'air intérieur des édifices à bureaux préoccupe beaucoup les occupants, employeurs et travailleurs, depuis le début de la décennie. Bien que des malaises et des symptômes soient rapportés par les travailleurs, leurs causes demeurent difficiles à établir.

A la demande de l'Association sectorielle paritaire – Secteur administration provinciale, une équipe de la direction des Laboratoires de l'IRSST a réalisé un projet de recherche dont les objectifs étaient:

— d'identifier les sources des problèmes couramment rencontrés dans les tours à bureaux et de proposer des mécanismes pour les éliminer ou les réduire;

— de valider les différentes techniques et les critères d'évaluation de la qualité de l'air;

— de fournir des éléments permettant de développer une démarche structurée d'analyse pour l'Association sectorielle;

— d'identifier les besoins de recherche complémentaire.

2.0 MÉTHODOLOGIE

Les problèmes de santé et d'inconfort observés sont le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs [1,2,3]. Dans ce projet, trois ensembles de facteurs ont été considérés. Le premier s'intéresse à la qualité de l'air face aux contaminants chimiques et aux agents microbiologiques. Le deuxième porte sur les paramètres de confort et le troisième étudie les caractéristiques des systèmes de ventilation. De plus, un questionnaire préparé par

Toutes les références sont inscrites aux pages 13 et 14 du présent document.

l'Association sectorielle paritaire a été distribué aux occupants afin de connaître leur perception de la qualité de l'air et de la ventilation. Ce questionnaire n'a pas été conçu pour établir une relation directe entre les paramètres évalués et les malaises ressentis mais pour obtenir l'opinion des occupants.

L'étude a été menée dans trois édifices à bureaux dont les caractéristiques apparaissent au tableau 1. Dans chacun des édifices, une dizaine de postes de travail choisis par les parties concernées ont été évalués.

Les résultats obtenus ont été comparés aux normes suivantes:

— Règlement sur la qualité du milieu de travail (RQMT), Québec S-2.1, R.15[4];

— American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditionning Engineers (ASHRAE) Standard 62-1981 et 62-1981R: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality[5, 6];

— ASHRAE Standard 55-1981: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy[7];

— American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Report of the Committee on Bioaerosols, 1985[8].

Ces normes relatives à la qualité de l'air intérieur sont résumées au tableau 2 alors que celles reliées au confort et à l'apport d'air neuf le sont au tableau 3. Les normes ASHRAE et ACGIH ne sont pas réglementaires au Québec. Cependant, elles constituent un guide décrivant les règles de l'art pour la qualité de l'air et la ventilation. À ce titre, elles ont été utilisées dans l'interprétation de nos résultats.

Les contaminants chimiques retenus en vue d'une évaluation environnementale sont les poussières totales, le formaldéhyde, les composés organiques, le monoxyde de carbone, l'anhydride carbonique, l'ozone et les oxydes d'azote. Des mesures d'oxygène ont également été prises. Les prélèvements ont été faits à chacun des postes de travail sur une période de trois jours; des échantillonnages de jour et de nuit ont été faits. Pour les agents microbiologiques, les prélèvements faits dans le système de ventilation et en ambiance générale ont permis de déterminer le nombre total de colonies de bactéries, de champignons et moisissures.

Les méthodes et stratégies sont résumées au tableau 4 et les résultats sont rapportés aux tableaux 5 et 6[9, 10, 11, 12, 13].

3.0 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

3.1 Qualité de l'air

• Les poussières mesurées correspondent à la matière particuliaire, solide et liquide, en suspension dans l'air et dont le diamètre moyen est inférieur à 100 microns. Des études récentes démontrent que dans les édifices à bureaux, la cigarette est la source principale d'émission de particules[3]. Les concentrations mesurées sont faibles, inférieures à 150 ug/m³. Elles sont en-deçà de la concentration de référence de ASHRAE pour une période de 24 heures soit 260 ug/m³. Pour certains postes, la concentration applicable sur un an de 75 ug/m³ pourrait être dépassée si les taux mesurés se maintiennent toute l'année. Aucune différence significative n'a été observée entre les journées d'échantillonnage. La nuit, les concentrations sont très faibles (à la limite de détection de l'analyse) à cause de la redéposition des particules suite à l'arrêt de circulation du personnel et à l'arrêt des systèmes de ventilation.

• Le formaldéhyde est un gaz reconnu pour ses effets irritants aiguë pour les yeux, le nez et le système respiratoire. Il provient de la fumée de cigarettes, des émanations des tapis, des tissus, des panneaux de bois, des colles et de source extérieure. Les concentrations mesurées sont très faibles, inférieures à 25% de la valeur de référence de ASHRAE de 120 ug/m³. Elles sont constantes dans le temps et dans l'espace.

• Les échantillons de composés organiques décèlent la présence d'un mélange complexe d'hydrocarbures légers et lourds, de C_5 à C_{11}, associé à celui d'un naphta de peinture. De ce mélange, deux produits sont ressortis spécifiquement, soit le toluène et les xylènes. Des traces d'alcools ont aussi été décelées. Les sources de ces composés sont nombreuses bien que généralement peu importantes: peintures, vernis, colles, encres, produits d'entretien. Les concentrations mesurées varient de 0,2 à 3 mg/m³ en naphta VMP, de 0,1 à 0,4 mg/m³ en toluène et sont inférieures à 0,3 mg/m³ en xylène. Un seul poste dans un des trois édifices donne une concentration plus élevée, de 12 mg/m³ soit 3% de la norme applicable en milieu de travail au Québec. Ce poste est situé près d'une presse d'impression où l'on utilise des encres, diluants et nettoyeurs à base d'hydrocarbures.

• Le monoxyde de carbone est un gaz asphyxiant chimique. Il provient de la combustion incomplète de composés carbonés. Dans les édifices à bureaux, il provient de la fumée de cigarettes mais surtout des émissions des véhicules automobiles et des systèmes de chauffage, apportées via le système de ventilation[14]. En effet, on observe une augmentation des concentrations tout au long de la journée. Les concentrations observées sont cependant toujours inférieures à la moitié de la norme de référence de ASHRAE.

• L'anhydride carbonique est un gaz asphyxiant simple. Il est émis par les procédés de combustion. Dans les tours à bureaux, il provient de la respiration humaine. Avant l'arrivée des travailleurs, le matin, les concentrations sont de l'ordre de 400 à 500 ppm. Tout au cours de la journée, un apport de 200 à 550 ppm est mesuré, dépendant du nombre de travailleurs localisés près des postes d'échantillonnage. À la fin, les concentrations atteignent de 400 à 1000 ppm, soit une concentration parfois près de la nouvelle valeur proposée par ASHRAE de 1000 ppm, qui est également la valeur associée au confort. Dès le départ des employés, le CO_2 est éliminé progressivement par le système de ventilation, ce qui nous permet d'en évaluer l'efficacité.

• L'ozone et les oxydes d'azote sont des gaz irritants pour le système respiratoire. Dans les bureaux, les sources d'ozone sont les photocopieurs et les filtreurs d'air électrostatiques. Les oxydes d'azote sont émis par les procédés de combustion. Ces gaz ont été recherchés près des sources potentielles d'émission, dans un seul des édifices et n'ont pas été décelés. Cependant, les limites inférieures de détection des instruments de mesure sont près des concentrations maximales recommandées par ASHRAE.

• L'oxygène est un des constituants de l'air et un gaz essentiel à la vie. Sa concentration dans l'air pur est de 20,9%. La concentration mesurée à tous les postes de travail est normale et constante.

• Les agents microbiologiques se développent sur les particules de poussières habituellement dans les systèmes de ventilation d'où ils sont dispersés dans tout l'édifice [15]. Les taux d'humidité et d'empoussièrement sont les facteurs déterminants dans le développement de ces microorganismes [16]. En ambiance générale, aucun champignon n'a été décelé et les concentrations de bactéries sont inférieures à 150 colonies/m³. Dans les conduits de retour d'air, de faibles concentrations de champignons et de bactéries sont mesurées. Dans l'air de mélange provenant de l'air extérieur et de l'air intérieur recyclé, une faible concentration de champignons a été décelée dans un seul des édifices et le compte de bactéries est inférieur à 215 colonies/m³. Tous les prélèvements faits durant cette étude donnent un compte total inférieur à 300 colonies/m³ soit 30% de la valeur indiquée par l'ACGIH.

3.2 Paramètres de confort

Dans chacun des édifices, les paramètres de confort suivants ont été mesurés aux postes de travail: les vitesses des courants d'air, les températures aux niveaux du sol et du corps à un mètre de hauteur et l'humidité relative. Les résultats sont présentés au tableau 7. Deux constatations en sont ressorties:

- l'humidité relative est basse dans les trois édifices; le plus souvent, elle est inférieure à la valeur réglementaire québécoise de 20%. La vérification des humidistats a montré qu'ils étaient tous défectueux;
- dans quelques cas, les vitesses des courants d'air sont supérieures à la valeur recommandée de ASHRAE de 0,15 m/s. Elles atteignent parfois jusqu'à trois fois cette valeur. On a noté des variations importantes au cours de la journée.

3.3 Paramètres de ventilation

Le premier paramètre de ventilation choisi est le débit d'air neuf par personne. Ce débit est déterminé par deux méthodes. La méthode de la conservation des masses et des enthalpies donne un débit d'air neuf moyen par personne pour tout l'édifice. La méthode du CO_2 donne un débit d'air neuf par personne par poste de travail choisi. Cette deuxième méthode permet d'établir l'uniformité de la distribution de l'air frais à travers les espaces de travail [17].

Les résultats des mesures apparaissent au tableau 7. De ces résultats, il ressort que les débits moyens d'air neuf par personne, calculés par le méthode standard de conservation de masse et d'enthalpie, ne rencontrent pas le projet de norme de l'ASHRAE. Ces débits insuffisants peuvent se traduire par des taux de CO_2 atteignant près de 1000 ppm et créer ainsi un certain inconfort chez les occupants [16]. De plus, la distribution de l'air neuf est inégale dans les espaces de bureaux, comme le démontrent les variations des débits d'air neuf calculés par la méthode du CO_2. Certains postes de travail reçoivent très peu d'air neuf se situant au-dessous de la norme réglementaire (RQMT). Cette mauvaise distribution peut être attribuée à plusieurs facteurs comme le surpopulation de certains espaces de travail, la défectuosité des thermostats ou des diffuseurs et le mauvais aménagement des postes de travail.

La deuxième étape a été la vérification du fonctionnement des composantes du système de ventilation et de son entretien. Les anomolies suivantes ont été notées:

— les humidistats des trois édifices sont tous défectueux;

— de 10 à 20% des thermostats ne sont pas correctement calibrés;

— les temps de départ et d'arrêt des systèmes de ventilation centraux ne respectent pas la recommandation de l'ASHRAE qui précise qu'ils doivent dépendre du débit d'air neuf et non des heures de travail;

— les réseaux de distribution (unités terminales, diffuseurs,...) ne sont pas balancés;

— le personnel d'entretien des systèmes de ventilation ne connaît pas les normes et les règlements applicables et ne possède pas les instruments nécessaires (ballomètres, anémomètres, psychromètres, etc.) pour répondre aux demandes des occupants;

— l'entretien préventif des composantes des systèmes de ventilation n'est pas régulier et méthodique;

— la mise à jour des plans et devis de ventilation n'est pas systématique.

3.4 Questionnaire

Les taux de réponse des occupants ont été supérieurs à 80%. Certains éléments particulièrs ressortent quant à la perception des occupants face aux conditions de confort et à la qualité de l'air:

— plus de 70% des travailleurs estiment que la température la plus confortable est de 20 à 22°C. Les températures mesurées varient de 23 à 24°C. Cependant une majorité de personnes se sentent inconfortables à cause de la grande variabilité de la température;

— plus de 80% des travailleurs trouvent que l'air est trop sec et trois personnes sur quatre ont de la difficulté à porter des lentilles cornéennes. En fait les taux mesurés d'humidité relative varient entre huit et 25%.

— un nombre important de travailleurs, plus de 50% des répondants, note la présence fréquente ou occasionnelle de courants d'air. À certains des postes mesurés, leur vitesse est élevée par rapport à la norme de confort.

Les cinq symptômes les plus souvent notés sont: la sécheresse et l'irritation des yeux, la sécheresse et l'irritation de la gorge, les maux de tête, la fatigue ou la somnolence et la sensation de manque d'air.

Il est à noter aussi que 80% des gens rapportent que ces malaises se manifestent en hiver. Les fumeurs constituent de 25 à 30% de la population, et il n'y a pas de salle réservée pour eux.

3.5 Évaluation des méthodes

Pour l'étude de ces trois édifices à bureaux, l'approche retenue englobait trois ensembles de facteurs; contaminants chimiques et agents microbiologiques, paramètres de confort, caractéristiques des systèmes de ventilation.

Pour les contaminants chimiques, les méthodes, adaptées de celles utilisées en hygiène industrielle, ont permis de déceler les faibles concentrations de contaminants présents dans les édifices à bureaux. Seuls les analyseurs à lecture directe pour l'ozone et les oxydes d'azote sont d'usage restreint car leur limite inférieure de détection est près des valeurs recommandées.

Pour les contaminants microbiologiques, les méthodes utilisées ont conduit au dénombrement total de bactéries, de champignons et moisissures sans cependant les identifier. Mais, dans les cas où une contamination microbienne est observée, la recherche d'agents pathogènes spécifiques est possible avec cette technique.

Pour les paramètres de confort et de ventilation, seul l'anémomètre, habituellement utilisé en industrie, présente des limites d'utilisation pour les très basses vitesses, inférieures à 0,10 m/sec. Un système multi-directionnel à points multiples, plus complexe mais plus précis, est maintenant disponible.

Les paramètres de confort et l'étude des systèmes de ventilation se sont avérés des critères essentiels de mesure dans l'évaluation des édifices à bureaux. Cependant, dans la majorité des études, autant celles rapportées ici que celles décrites dans la littérature, les agents chimiques et microbiologiques sont rarement responsables des problèmes vécus par les occupants. Dans certains cas, des risques spécifiques peuvent cependant exister et le choix des contaminants chimiques et microbiologiques à évaluer doit donc provenir d'une étude préliminaire de l'édifice et de son environnement, de l'aménagement des locaux, de l'utilisation des espaces et des activités qui s'y déroulent. Suite à ces diverses observations et constatations, seuls les contaminants pour lesquels des soupçons sérieux sont ressortis devraient faire l'objet d'une évaluation environnementale. Cependant, une vérification périodique de l'efficacité de la ventilation et de la qualité de l'air est recommandée en utilisant la mesure de l'anhydride carbonique comme indice de qualité.

4.0 CONCLUSIONS

Les analyses qui ont été faites afin de déterminer les concentrations de contaminants chimiques ou microbiologiques dans l'air indiquent une qualité d'air acceptable en fonction des critères et des normes établis. Par conséquent, les malaises ressentis par les occupants ne semblent pas reliés à la présence de produits toxiques ou irritants, ou à celle d'agents microbiologiques. Seul l'anhydride carbonique, avec des concentrations atteignant 800 à 1000 ppm peut être responsable d'un certain inconfort selon la recommandation de ASHRAE.

Au niveau de la ventilation, quatre problèmes importants ont été relevés:

— les débits d'air frais par personne sont inférieurs à la recommandation de ASHRAE qui les fixent à 10 L/s pour les espaces à bureaux. Un faible apport d'air neuf entraîne une élévation du taux d'anhydride carbonique qui peut se traduire par une augmentation de l'insatisfaction de la part des occupants. Ces débits d'air frais sont variables d'un endroit à l'autre mettant en évidence la distribution non uniforme de cet air;

— les taux d'humidité relative sont bas, variant de 10 à 20 %. Pour les trois édifices, ces faibles taux sont dus à la défectuosité des humidistats;

— les courants d'air créent une source d'inconfort. Cependant, à cause de l'imprécision des appareils de mesure pour les basses vitesses, ce problème n'a pu être évalué correctement;

— les défectuosités des composantes des systèmes de ventilation et leur manque d'entretien contribuent à la détérioration de la qualité du milieu de travail.

Les recommandations suivantes, soumises aux représentants des édifices étudiés, peuvent s'appliquer à l'ensemble des édifices à bureaux:

— Augmentation des taux d'humidité et des débits d'air neuf suivant les recommandations de l'ASHRAE.

— Meilleur entretien des systèmes de ventilation:
  - augmentation de la fréquence de balancement du réseau de distribution;
  - vérification plus fréquente des thermostats et des humidistats;
  - vérification de la performance des diffuseurs.

— Meilleure gestion des systèmes de ventilation:
  - révision des temps d'arrêt et de départ des ventilateurs;
  - mise-à-jour régulière des plans et devis de ventilation;
  - aménagement des postes de travail selon les plans et devis de ventilation.

— Meilleure formation et information du personnel d'entretien des édifices:
  - connaissance des normes et règlements applicables;
  - manipulation des instruments de mesure.

Cette étude a donc permis de considérer certaines des approches proposées dans la littérature afin de faire ressortir les problèmes majeurs les plus communs. La poursuite de cette étude permettra:

— de compléter l'inventaire des problèmes rencontrés dans les édifices à bureaux;

— d'approfondir la connaissance des problèmes décelés lors de cette première étude:
  - établissement d'une relation entre les concentrations d'anhydride carbonique et les débits d'air neuf;
  - étude des humidistats et de leur fiabilité;
  - étude des systèmes de distribution de l'air;
  - quantification des courants d'air et étude des diffuseurs;
  - étude de l'entretien et de la fiabilité des composantes des systèmes de ventilation.

— d'acquérir de nouvelles connaissances:
  - possibilité d'établir un indice de qualité d'air en tenant compte des différents contaminants présents;
  - méthode de mesure de la nicotine dans l'air;
  - méthode de mesure des courants d'air utilisant un système multidirectionnel à points multiples;
  - pertinence de développer une expertise dans la mesure des ions positifs et négatifs de l'air.

— de proposer des solutions immédiates aux problèmes concrets identifiés;

— de développer un protocole standardisé d'évaluation de la qualité de l'air et de la performance des systèmes de ventilation.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Association sectorielle paritaire pour la santé et la sécurité du travail – Secteur administration provinciale notamment monsieur Pierre Galarneau pour son appui et sa participation active au projet ainsi que les comités paritaires de santé et de sécurité du travail des édifices qui nous ont ouvert leurs portes. À l'IRSST, mentionnons la participation active sur le terrain de monsieur Rodrigue Gravel, technicien du programme Soutien analytique et madame Claudette Tessier pour son travail de dactylographie.

Principale publication reliée à la recherche:

GOYER, Nicole, NGUYEN, Van Hiep, Étude de trois édifices à bureaux: qualité de l'air et ventilation. Annexe ou rappoort de recherche, IRSST, Montréal, 1988.

Références citées

1- BAKER, D.B. Epidemiologic Investigation of Office Environmental Problems. Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg., vol 10, pages 37-40. 1984.

2- HOLT, LYNN G. Sources of Air Contaminants in the Office Environment, Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg., vol 10, pages 15-19, 1984.

3- WADDEN, R.A. et SCHEFF, P.A. Indoor Air Pollution Characterization, Prediction and Control. Wiley-Interscience Publication. JOHN WILEY AND SONS. U.S.A., 1983.

4- Gouvernement du Québec. Règlement sur la qualité du milieu de travail. S-2.1, R.15 Québec 21 septembre 1982.

5- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. American National Standard. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 62-1981.

6- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. A proposed American National Standard. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Public Review Draft. July 15, 1986.

7- American Society of Heating, Regrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Standard 55-1981.

8- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Report of the Committee on Bioaerosols. Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg., vol 13, pages 29-33. 1985.

9- IRSST. Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail. Méthode de laboratoire – Étude technique. 1986.

10- ANDERSEN A.A. New Sampler for the Collection, Sizing and Enumeration of Viable Airborne Particles, Bacteriol. J., vol 76, pages 471-484. 1958.

11- Biotest Diagnostics Cie. Pour la détermination du nombre de germes de l'air avec le RCS-Biotest. Sérum Institut Gmbh. Allemagne. Dépliant publicitaire, 2 pages.

12- American Industrial Hygiene Association: Biohazards Committee. Biohazards Reference Manual. 160 pages. 1985.

13- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. Proceedings Indoor Air Quality 1986. Managing Indoor Air for Health and Energy Conservation. Atlanta, April 20-23, 1986.

14- Communauté Urbaine de Montréal, Service de Santé. La pollution de l'air par le monoxyde de carbone à Montréal. Montréal, 1969.

15- MOREY, P.R., HODGSON, M.J.; SORENSON, W.G.; KULLMAN, G.J. et COLL. Environmental Studies in Moldy Office Buildings: Biological Agents, Sources and Preventives Mensures, Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg. vol. 10, pages 21-35. 1984.

16- STERLING, E.M.; ARUNDEL, A. et STERLING, I.D. Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Buildings. ASHRAE Transactions, vol. 1, part 1. 1985.

17- TURIEL, J. et RUDY, J. «Occupant Generated CO_2 as an indicator of Ventilation Rate». Report LBL-10496, EFB-VENT 80-15, US Department of Energy, 1980.

TABLEAU 1: Caractéristiques des trois édifices étudiés

	Bâtiment A	Bâtiment B	Bâtiment C
Année approximative de construction	1960	1976	1980
Nombre d'étages	3	10	9
Murs périphériques	Vitrés	Vitrés	Vitrés
Localisation	Montréal, à côté d'un terminus d'autobus	Ville de Québec	Ville de Québec (centre-ville)
Plancher	Moquette	Moquette	Moquette
Aménagement des espaces de travail	Cloisons majoritaires et quelques bureaux fermés	Cloisons majoritaires et quelques bureaux fermés	Cloisons majoritaires et quelques bureaux fermés
Type et nombre d'occupants	Fonctionnaires: 150 - 200	Fonctionnaires: 1000 - 1200	Fonctionnaires: 100 - 150
Système de ventilation avec:			
– débit d'air neuf	Variable	Variable	Variable
– minimum d'air neuf garanti	Oui	Non	Non
– air de diffusion	Variable	Variable	Constant
– gaines de distribution	Simple	Simple	Double
– récupération de chaleur	Oui	Non	Non
– humidification	Vaporisée	Vaporisée	Vaporisée
– diffuseurs	Carrés, au faux plafond	Linéaires, au faux plafond	Linéaires, au faux plafond et aux bords des murs périphériques
– thermostats	De type pneumatique	De type pneumatique	De type pneumatique
– contrôle	Automatique	Automatique et informatisé	Automatique

TABLEAU 2: Normes et références relatives à la qualité de l'air dans les édifices à bureaux

Contaminant	Québec – Règlement Relatif à la qualité du milieu de travail S - 2.1, R. 15	ASHRAE Standard 62-1981	ASHRAE Proposed standard 62-81R
Poussières	10 000 ug/m³ | 8 heures	75 ug/m³ | an 260 ug/m³ | 24 heures	75 ug/m³ | an 260 ug/m³ | 24 heures
Formaldéhyde	3 000 ug/m³ | Plafond 2 ppm	120 ug/m³ | Plafond	120 ug/m³ | Plafond
Monoxyde de carbone (CO)	55 mg/m³ | 8 heures 50 ppm	10 mg/m³ | 8 heures (9 ppm)	10 mg/m³ | 8 heures (9 ppm)
	440 mg/m³ | 15 minutes 400 ppm	40 mg/m³ | 1 heure (36 ppm)	40 mg/m³ | 1 heure (36 ppm)
Anhydride carbonique (CO_2)	9 000 mg/m³ | 8 heures 5 000 ppm	2 500 ppm	1 000 ppm (1 800 mg/m³) | continu
	27 000 mg/m³ | 15 minutes 15 000 ppm		
Ozone	200 ug/m³ | 8 heures 0,1 ppm	235 ug/m³ | 1 heure (0,12 ppm)	100 ug/m³ | continu 0,05 ppm
	600 ug/m³ | 15 minutes 0,3 ppm		
Oxyde d'azote NO_2	9 000 ug/m³ | 5 ppm | Plafond	100 ug/m³ | 1 an (0,055 ppm)	100 ug/m³ | 1 an (0,055 ppm)
NO	30 mg/m³ | 8 heures 25 ppm	0,5 mg/m³ | 24 heures (0,4 ppm)	0,5 mg/m³ | 24 heures (0,4 ppm)
		1 mg/m³ | 30 minutes (0,8 ppm)	1 mg/m³ | 30 minutes (0,8 ppm)
	45 mg/m³ | 15 minutes 35 ppm		
Naphta VMP	300 ppm | 8 heures 1350 mg/m³	N.E.	
	400 ppm | 15 minutes 1800 mg/m³		
Toluène	100 ppm | 8 heures 375 mg/m³	N.E.	
	150 ppm | 15 minutes 560 mg/m³		
Xylènes	100 ppm | 8 heures 435 mg/m³	N.E.	
	150 ppm | 15 minutes 655 mg/m³		
Bactéries et champignons			1000 colonies/m³

N.E.: non existant

TABLEAU 3: Normes et références sur les paramètres de confort et l'apport d'air neuf

PARAMÈTRE	QUÉBEC RQMT, S-2.1, R.15	ASHRAE			ACGIH INDUSTRIAL VENTILATION
		STD-55-1981	STD-62-1981	STD-62-1981R	
Vitesse de courant d'air		0,15m/s - hiver 0,25 m/s - été			0,25 m/s
Température ambiante	20°C	19,5 à 23°C - hiver 22,6 à 26°C – été			
Température au sol		18 à 29°C			
Différence de température 1m hauteur vs sol		3°C			
Humidité relative	20 %	30% - hiver 25% - été			
Taux minimal d'air neuf par personne	2,4 L/S		2,4 L/s (sans fumeurs) 10 L/s (avec fumeurs)	10 L/s (avec ou sans fumeurs)	

TABLEAU 4: Méthodes et stratégies d'évaluation des contaminants chimiques et des agents microbiologiques

PARAMÈTRE	ÉCHANTILLONNAGE	ANALYSE	LIMITE DE DÉTECTION
Poussières	• Filtre chlorure de polyvinyle, 37 mm • 2,5 L/min; 8 heures - jour; 16 heures-nuit	Gravimétrie IRSST #48	25 ug - 23 ug/m³ (pour v = 1,05m³)
Formaldéhyde	• Tube Orbo imprégné N-benzyléthanolamine • 0,5 L/min; 20 heures-jour; 30 heures-nuit	Chromatographie gazeuse IRSST #216	5 ug - 8 ug/m³ (pour v = 600 L)
Composés organiques	• Tube charbon actif • 0,5 L/min; 20 heures-jour; 30 heures-nuit	Chromatographie gazeuse IRSST #200	—
Monoxyde de carbone	• Sac polyester aluminé 5 L • 6 L/min; échantillon instantané • 0,04 L/min; 2 heures	Spectroscopie infrarouge IRSST #115	0,2 ppm
Anhydride carbonique	• Sac polyesters aluminé 5 L • 6 L/min; échantillon instantané • 0,04 L/min; 2 heures	Chromatographie gazeuse IRSST #113	250 ppm
Ozone	• Instrument à lecture directe: CSI	Chimiluminescence IRSST #129	0,005 ppm
Oxydes d'azote	• Instrument à lecture directe: Ecolyser	Oxydo-réduction IRSST #6A	0,5 ppm NO 0,05 ppm NO_2
Oxygène	• Sac polyester aluminé 5 L • 6 L/m; échantillon instantané • 0,04 L/min; 2 heures	Chromatographie gazeuse IRSST #113	
Bactéries totales	• Milieu TSA • Biotest 40 L/min; 4 minutes • Andersen 28,3 L/min; 6 minutes	Comptage [1]	6 colonies/m³
Champignons et moisissures totaux	• Milieu SDA ou HS • Biotest 40 L/min; 4 minutes • Andersen 28,3 L/min; 6 minutes	Comptage [1]	6 colonies/m³

1. Les comptages ont été faits par l'Institut Armand-Frappier de Laval.

TABLEAU 5: Résultats des mesures des contaminants chimiques dans l'air

CONTAMINANTS	ÉDIFICE A	ÉDIFICE B	ÉDIFICE C
Poussières (ug/m³)			
• jour	30 à 100	N.D. 20 à 51	N.D. 20 à 124
• nuit	10 à 20	N.D. 10	N.D. 10 à 150
Formaldéhyde (ug/m³)			
• jour	10 à 25	10 à 30	N.D. 8 à 31
• nuit	10 à 25	10 à 25	N.D. 5 à 25
Composés organiques (ug/m³)			
— naphta VMP • jour	0,8 à 1,2	1,1 à 2,9	0,2 à 1,7
• nuit	0,5 à 0,6	1,0 à 1,7	0,2 à 1,1
— toluène • jour	0,1 à 0,2	0,3 à 0,4 (12,0)[1]	0,1
• nuit	0,1	0,4 à 0,9 (3,0)[1]	0,1
— xylènes • jour	0,1	0,1 à 0,3	0,1
• nuit	0,1	0,1 à 0,2	0,1
Oxygène (%)			
• début jour	19,9 – 20,0	19,9 – 20,0	19,9 – 20,0
• fin jour	19,9 – 20,0	19,9 – 20,0	19,9 – 20,0
Monoxyde de carbone (ppm)			
• début jour	1,0 à 2,0	3,5 à 4 ,6	0,9 à 1,3
• fin jour	3,3 à 4,1	3,5 à 5,0 (11,0)[1]	1,6 à 2,0
Anhydride carbonique (ppm)			
• début jour	390 à 440	440 à 560	370 à 420
• fin jour	630 à 840	750 à 1000	410 à 500
Ozone (ppm)	N.D. 0,005	—	—
Oxydes d'azote (ppm)			
NO	N.D. 0,5	—	—
NO_2	N.D. 0,05	—	—

N.D.: non décelé

1. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux concentrations maximales mesurées à un poste de travail.

TABLEAU 6: Taux de microorganismes dans les édifices à bureaux [1]

MICROORGANISMES	SALLE DE MÉLANGE D'AIR AVAL DU FILTRE ET HUMIDIFICATEUR colonies/m³		AIR DE RETOUR colonies/m³		AMBIANCE GÉNÉRALE colonies/m³	
— Bactéries						
Édifice A	212	(418) [2]	38	(35)	131	(70)
B	200	(18)	ND	(ND)	150	(18)
C	25	(12)	269	(47)	125	(47)
— Champignons						
Édifice A	19	(170)	6	(17)	ND	(ND)
B	ND	(ND)	125	(ND)	ND	(ND)
C	ND	(ND)	19	(ND)	ND	(ND)
— Total						
Édifice A	231	(588) [2]	44	(52)	131	(70)
B	200	(18)	125	(ND)	150	(18)
C	25	(12)	288	(47)	125	(47)

ND: non-décelé 6 colonies/m³

1. Les résultats donnés sont ceux obtenus avec l'échantillonneur Biotest; les résultats de l'impacteur Andersen sont inscrits entre parenthèses. L'impacteur Andersen est l'échantillonneur de référence. Celui de Biotest, nouvellement apparu sur le marché, est beaucoup plus pratique.

2. Ces résultats élevés sont dus à la très grande vitesse de l'air dans le conduit influençant la captation de l'échantillonneur Andersen. Ces résultats ont été rejetés.

TABLEAU 7: Résultats des mesures des paramètres de confort et des débits d'air neuf

ÉDIFICE	TEMPÉRATURE SÈCHE °C	HUMIDITÉ RELATIVE %	DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE SOL VS POSTE DE TRAVAIL °C	VITESSE DES COURANTS D'AIR M/SEC	DÉBIT D'AIR NEUF MÉTHODE DE CONSERVATION DE MASSE ET D'ENTHALPIE L/S / PERSONNE	DÉBIT D'AIR NEUF MÉTHODE DU CO2 L/S / PERSONNE
A	21 à 24,5	13 à 23	0 à 1,5	0,02 à 0,1	6,8	3,1 à 14,3
B	22 à 25	14 à 25	0 à 2,5	0,01 à 0,3	7,5	1,6 à 7,1
C	21,5 à 23,5	8 à 25	0 à 1,0	0,02 à 0,5	N.M.	1,4 à 8,6
Norme ASHRAE	19,5 à 23 (hiver)	30 (hiver)	3,0	0,15	10	10
Norme RQMT	20	20	—	—	2,4	2,4

N.M.: non mesuré